

## DESLIZAMIENTO DE TIERRA, ESCORRENTIA Y PERDIDA DE SUELOS

**John Gerrard**

Escuela de Geografía y Ciencias Ambientales,  
Universidad de Birmingham  
Reino Unido  
Middle Hills, Nepal

---

### Resumen

Se presentan los resultados de un estudio de caso de tres años (1991-1993) realizado en el Likhu, la cuenca de drenaje de Khola del Himalayan Middle Hills, al norte de Katmandú, Nepal. Todas las rupturas de la ladera (deslizamientos de tierra) que ocurrieron en los últimos 3 años se proyectaron y se midieron, así como la escorrentía y la tasa de pérdida de suelos de una variedad de tierras cultivadas y no cultivadas que se calcularon usando una serie de parcelas de erosión. Ocurrieron casi 400 deslizamientos de tierra, pero la gran mayoría eran rupturas pequeñas en las elevaciones de las terrazas regadas.

Deslizamientos más grandes, pero con menos rupturas, ocurrieron en las terrazas abandonadas y en la tierra forestal degradada. Como promedio, las pérdidas anuales de suelos por deslizamientos se calcularon en 0,48 t/ha/año para las terrazas regadas, 3,65 t/ha/año para las terrazas de secano, 1,86 t/ha/año para la pradera, 0,80 t/ha/año para la tierra boscosa y 23,95 t/ha/año para los matorrales y la tierra abandonada forestal. La tasa de denudación combinada fue 5,55 t/ha/año.

Para la tierra no cultivada, los coeficientes de escorrentía variaron de un 1-2% bajo pradera y bosque dicotiledóneo mezclado a un 57-64% en los sitios básicos. Las pérdidas de suelos variaron de menos de 0,1 t/ha/año para la pradera y las parcelas forestales no perturbadas, a 3-10 t/ha/año para el bosque de sal en diversos estados de degradación, y 15 t/ha/año para los sitios básicos. Las pérdidas de suelos en las terrazas agrícolas de secano variaron de 2,7 t/ha/año a 12,9 t/ha/año. Las mayores pérdidas de suelos se asociaron con suelos rojos, de partículas más finas.

### Introducción

La impresión general durante los años setenta y ochenta fue que la región del Himalaya estaba experimentando degradación ambiental en una escala masiva como resultado de la repercusión del cambio de aprovechamientos de la tierra, especialmente la deforestación. Esto se formuló como la Teoría de Degradación Ambiental Himalaya. Se aclaró que este criterio se basó en las observaciones eventuales y no en investigaciones detalladas a largo plazo, según quedó demostrado en la revisión semanal por Ives y Messerli (1989, referencia 8). Esto no significa negar que la degradación de tierras no era un tema en muchas partes del Himalaya, pero quedo en claro que había muchas diferencias regionales y locales que evidenciaron lo difícil y peligroso de generalizar acerca de toda la región Himalaya. Información específica, detallada, se requirió para evaluar la exactitud de las afirmaciones generales anteriores. Fue por estas razones que se emprendió un proyecto interdisciplinario en el Likhu Khola, de captación de los Middle Hills de Nepal entre abril de 1991 y marzo de 1994 para proveer datos de campo exactos y fidedignos de los principales procesos ambientales pertinentes a una comprensión del desarrollo sostenible futuro de suelo y recursos hídricos. El estudio fue financiado por la Administración de Desarrollo Exterior del Reino Unido y coordinado por la División de Ciencia de Suelo del Instituto de Investigación Agrícola de Nepal, la Sociedad Geográfica Real, Londres y el Instituto de Hidrología (Consejo de Investigación del Ambiente Natural del Reino Unido). Algunos resultados de este estudio se han presentado en otro sitio (referencias 1-7), pero ésta es la primera vez que los resultados de todos los procesos se han recogido juntos. También me

gustaría recalcar que los resultados que presento aquí se basan en el trabajo colaborativo con la Dra. Rita Gardner, Directora y Secretaria de la Sociedad Geográfica Real y con el Instituto de Geógrafos Británicos.

### **Area de estudio**

La captación Khola Likhu (27°50' N, 85°20' E) es una cuenca este-oeste de los Middle Hills inmediata al norte del valle de Katmandú. El Likhu Khola es un tributario del río Trisuli que con el tiempo fluye en el Ganges. El seguimiento detallado de campo se condujo dentro de cinco subcaptaciones bien definidas y el principal lado del valle del Likhu. La altitud varía de 600m a 1850m, la litología consta principalmente de "gneisses", ampliamente erosionados en las profundidades, que exceden los 7m, y los suelos dominantes son cambisoles y luvisoles con arenosoles y regosoles de textura más gruesa en las pendientes más pronunciadas. Mas del 90% de la precipitación anual ocurre durante la estación monzónica, entre principios de junio y septiembre. Las cantidades de precipitación eran 2141 mm en 1992 y 2211 mm en 1993, algo debajo del valor medio de los años 1981-1991, de 2558 mm. Por lo tanto, estos resultados reflejan relativamente normal un lugar de condiciones monzónicas excepcionales.

La vegetación natural del área son frondosos árboles de bosques subtropicales y tropicales (principalmente Sal Shorea robusta) en las bajas laderas y formaciones dicotiledóneas mezcladas en las elevaciones mayores. Sin embargo, queda poco de esta cubierta forestal original al haberse despejado y construido terrazas de tierra para la agricultura. Los árboles de bosques subtropicales son una fuente de leña y forraje y se administran a un grado limitado. Muchas de las áreas de sal ahora se degradan en mayor o menor grado. Lo mismo ocurre con alguna pradera secundaria. La tierra de cultivo es dominada por las terrazas bari y khet. Bariland comprende las terrazas exteriores de secano, de inclinación relativamente suaves, con frecuencia con un canal en la parte posterior de la terraza para reducir el flujo y la erosión terrestre. Khetland representa el sistema de terrazas regadas generalmente usadas para el cultivo de arroz. En khetland hay regado simple y doble regado.

Durante los últimos 30 años han habido algunos cambios principales de aprovechamiento de la tierra de acuerdo con la presión de la población en aumento y la demanda de los productos agrícolas. La tierra cultivada ha aumentado significativamente a expensas de antiguas zonas de pradera. También ha habido conversión extensa de bariland a khetland dondequiera que el riego ha sido posible. Bariland también ha tendido a ampliarse a las laderas superiores pero al mismo tiempo ha habido algún desamparo de bariland alto en las áreas de las cabeceras de los ríos. Por lo tanto, el mosaico espacial del aprovechamiento de la tierra ha cambiado considerablemente. La proporción de tierra forestal ha experimentado un leve aumento durante los últimos 30 años pero ha habido un aumento de su grado de degradación.

### **Metodología**

Hay dos componentes principales en este estudio, un componente de escorrentía y un componente de pérdida de suelos. Todos los deslizamientos de tierra que ocurrieron en las 4 subcaptaciones en los años 1991, 1992 y 1993 se identificaron y midieron. La escorrentía y la pérdida de suelos se calcularon en una serie de parcelas de erosión. Las parcelas de escorrentía de duración uniforme fueron impracticables debido a la variedad de modos de empleo de la tierra, la falda de pendiente e irregularidad de las laderas. Una forma regular habría incluido áreas que se drenan en diferentes direcciones naturales. Las parcelas de erosión estaban diseñadas para seguir la topografía natural y el drenaje de la tierra. Estaban también diseñadas para ser lo bastante grandes como para representar los procesos "rill" como "interrill". La escorrentía y el sedimento de las parcelas se recogieron en tambores de 2 x 200 litros con un una décimo de división entre los tambores. En algunos casos se usó un contenedor

adicional para rebosamiento. Los tambores y divisores fueron calibrados cada estación. La mayoría de las parcelas estaban ubicadas dentro de 300m revisadas por un pluviómetro automático, registrando la precipitación en una base diminuta minuto por minuto y muchos entre 50 y 100m. Los pluviómetros manuales proveyeron información adicional. Se midió la escorrentía y muestras del sedimento en suspensión se recogieron de cada sitio después de cada suceso vigilado de precipitación. Las parcelas se proyectaron a una escala de 1:100 y los suelos se muestrearon con información provista del tamaño de la partícula, la estabilidad del agregado de suelo húmedo, la cantidad total de carbono orgánico y la densidad relativa. También se midió la capacidad de infiltración y succión de suelos y las encuestas de vegetación (cubierta vegetal y cubierta molida) se midieron mensualmente entre mayo y septiembre. Quince parcelas se establecieron en la tierra no cultivada (7 bajo el bosque de sal de diversos grados de degradación, 4 en pradera de buena calidad, 2 bajo bosque degradado pequeño y 2 en suelo básico) y 9 parcelas en las terrazas cultivadas de secano.

## **Resultados**

### **Deslizamiento de tierra**

El deslizamiento de tierra se utiliza aquí como un término general que cubre todas las formas de ruptura de ladera masiva. Como señaláramos anteriormente, todas las rupturas de ladera se identificaron y se midieron. Un total de 381 rupturas se registraron en las 4 subcaptaciones en los años 1991, 1992 y 1993. Había, además, unas pocas rupturas relativamente grandes que fueron continuamente activas. Estas no aparecen en las cifras (ver referencia 4 para un recuento de ellas). La gran mayoría (76%) de las rupturas de ladera era declives pequeños definidos como rupturas que ocurren como una masa relativamente coherente en una superficie de ruptura suavemente curva. Los deslizamientos de desecho/roca (22%) fueron la siguiente categoría más común contra sólo 1% que abarcaba otros tipos. Hay un gran número de maneras para describir y analizar las rupturas de ladera, como el tamaño, el ángulo de la ladera, la posición de inclinación, etc. En este análisis, las relaciones entre las rupturas de ladera y el aprovechamiento de la tierra se evalúan como relaciones dentro de la Teoría de Degradación Ambiental Himalaya. Aquí se presenta sólo un breve resumen. Un análisis más detallado puede encontrarse en las refs.1 y 3. El mayor número de rupturas (66%) ocurrió en khetland, pero la gran mayoría fueron pequeñas (volumen promedio  $5.2\text{m}^3$ ). Eran predominantemente declives y sólo 5,6% eran deslizamiento de desechos. Muy raramente hubo más de una terraza afectada (ver referencia 2). De los otros aprovechamientos de la tierra, un 9,7% ocurrieron en bariland; 6,8% en la pradera; 3,6% en los matorrales de sal y, 2,6% en las laderas boscosas. Un número significativo (4,6%) ocurrió dentro de deslizamientos de tierra viejos. Algunas rupturas se asociaron con el colapso de los canales de riego. Las rupturas en bariland, aunque comparativamente pocas en número, tienden a ser más grandes (volumen promedio  $59.3\text{m}^3$ ) y más a menudo del tipo de deslizamiento de desechos. El volumen promedio de rupturas en los matorrales de sal fue  $766.7\text{m}^3$  y 86% fueron deslizamiento de desecho. El volumen promedio para las rupturas en los bosques fue  $128.8\text{m}^3$  y un 50% eran deslizamiento de desecho.

Para calcular la denudación de las tasas de deslizamiento de tierra debe hacerse un cálculo de la cantidad de material que cubre las necesidades de los sistemas de drenaje. Para proveer tal cálculo, se han clasificado todas las rupturas, algo subjetivamente, en alta, media y baja conectividad. Donde el material fallido poseía un enlace directo al sistema de drenaje tales rupturas se clasificaron como de alta conectividad. La baja conectividad definió las situaciones donde ninguna masa fallida se retiró de la ladera. Las rupturas de media conectividad no poseían ningún enlace directo inmediato a los sistemas de drenaje, pero era probable que ese flujo posterior y embarrancamiento terrestre trasladarían el sedimento a los ríos. En cuanto al movimiento de sedimentos, la suposición fue que un 100% del material fallido en las rupturas

de alta conectividad dejaron el sistema de la ladera, 50% de las rupturas de mediana conectividad salieron de la ladera y ningún material fallido de baja conectividad salió de la ladera. Hay claramente un principal elemento subjetivo en esta clasificación, pero se basa en las observaciones en el terreno y permite hacer los cálculos de denudación. La mayoría de las rupturas en khetland se clasificaron como de baja conectividad (91%), con sólo 4% clasificadas como de alta conectividad. Como una comparación, 11% en bariland, 21% en matorrales de Sal, 24% en pradera, 29% en deslizamientos de tierra viejos y 50% en el bosque clasificaron en alta conectividad. Según se ha observado, las rupturas en éstos últimos aprovechamientos de tierra tendieron a ser más grandes. Estas cifras indican que el rendimiento del sedimento y las tasas de denudación de ruptura de laderas serán considerablemente mayores que en khetland. Usando las suposiciones sobre las cifras observadas, los promedios para el material alejado de las laderas son 0,48 t/ha/año para khetland, 3,65 t/ha/años para bariland, 1,86 t/ha/años para la pradera, 0,80 t/ha/años para la tierra boscosa y 23,95 t/ha/años para los matorrales de sal y la tierra abandonada. El promedio de pérdida de suelos para todos los tipos de deslizamiento de tierra en todas las laderas fue de 5,51 t/ha/años.

### Erosión de suelos y escorrentía

Los resultados de los estudios de las parcelas de erosión se presentan por separado para la tierra no cultivada y cultivada.

#### *Tierra no cultivada*

Para la precipitación en tierra no cultivada, escorrentía y relaciones de pérdida de suelos se han establecido 912 sucesos de precipitación en 15 parcelas de erosión durante 1992 y 1993. Según lo observado, cubierta de vegetación de tipo variable, la pradera y el bosque dicotiledóneo se han mezclado relativamente con un bosque de sal imperturbable y subtropical en diversos estados de degradación. También se establecieron dos parcelas en tierra básica, parcialmente embarrancada. Los sucesos de precipitación se vigilaron a lo largo de los periodos premonzón y monzónicos y se incluyó la variedad completa de magnitudes de precipitación y las intensidades que experimentaron en la región. Los resultados y las observaciones en el terreno indican claramente que la escorrentía se genera bajo todos los aprovechamientos de tierra por la precipitación de magnitudes e intensidades relativamente bajas. Las cantidades de precipitación hasta 1.4mm produjeron escorrentía en los sitios de sal degradados. La escorrentía se generó en la mayoría de los sitios por cantidades de precipitación menores a 5mm. La única excepción fue el bosque de sal con cubierta molida mayor de 80%, donde el umbral de precipitación para la escorrentía fue 5.9mm. La escorrentía fue claramente del tipo del exceso de infiltración y se generó cuando la intensidad de precipitación excedió la capacidad de infiltración del suelo.

Los coeficientes de escorrentía (la cantidad de precipitación que cayó fuera de la superficie) variaron de un 1-2% bajo pradera y bosque dicotiledóneo mezclado a un 57-64% en los sitios básicos. Los coeficientes para el bosque de sal estuvieron entre estos dos extremos según el nivel de la degradación forestal. Una descripción más detallada de estos resultados puede encontrarse en la referencia 7. La precipitación total fue la variable más importante al explicar la variación de la escorrentía entre las parcelas, contabilizada entre 50% y 80%. Después de la precipitación total, la duración de la precipitación explicó un 5% a 10% adicional de la variación de escorrentía. La conclusión principal fue que la escorrentía estuvo claramente afectada por el nivel de la degradación forestal. La degradación de la cubierta forestal puede aumentar la escorrentía en diez o más durante la mayoría de los sucesos pluviales. La cubierta molida también se indicó como sumamente importante. La cama foliar fue una cubierta molida eficaz que previene a la superficie de la formación de costras del suelo. Sobre el bosque degradado de sal, las observaciones indicaron que las precipitaciones totales fueron a menudo más del

90% de la cantidad de precipitación total. En estas situaciones, la cubierta vegetal fue ineficaz como interceptora de la precipitación, siendo la cubierta molida la que determinó el nivel de escorrentía. Se recomienda que al menos 60% de una cubierta de suelo debe mantenerse en tierra no cultivada para reducir significativamente la escorrentía.

Relaciones similares se establecieron para la pérdida de suelos por la tierra no cultivada. La pérdida de suelos premonzón y monzón varió de 0,01 t/ha/año para la pradera, y las parcelas forestales no perturbadas a 3-10 t/ha/año para el bosque de sal en diversos estados de la degradación y más de 15 t/ha/año para los sitios básicos (referencia, 5). En algunos sitios, una tormenta de magnitud alta fue capaz de escapes generadores de más de 3 t/ha/año.

#### *Tierra cultivada*

El seguimiento de parcelas de erosión también se condujo en una serie de terrazas bari de inclinación exterior. La ladera de las terrazas varió de 1 a más de 10 grados, con el ángulo más frecuente que era de 5 grados. Más del 65% de las terrazas tenían los ángulos de la ladera menores a 7 grados. Los anchos de la terraza variaron de 2 a 10m con alturas de hasta 2m. En 1992 se vigilaron cinco terrazas y otras 4 en 1993. Todas las terrazas estaban sujetas a los mismos ciclos de cultivo y los regímenes de manejo de tierras eran ampliamente similares. El maíz se sembró después de las lluvias iniciales premonzón a fines de mayo y principios de junio y fue cosechado temprano, a mediados de agosto. Casi de inmediato se sembraron plántulas de mijo que fueron cosechadas en noviembre y principios de diciembre, después del final del monzón. Con una excepción, los conjuntos pareados de terrazas adyacentes se vigilaron para poder comprobar la representatividad y reproducción. Entre 70 y 78 precipitaciones se vigilaron en las cinco terrazas instrumentadas en 1992 y 1993, y 38 a 41 sucesos en las otras cuatro terrazas que sólo se instrumentaron en 1993.

Los coeficientes de escorrentía para los sucesos de precipitación individual variaron de menos de 5% a más de 50% según la naturaleza del suceso de precipitación y la naturaleza de la terraza. La precipitación total, del mismo modo que la escorrentía en la tierra no cultivada, ofreció el mayor nivel de explicación (entre 53% y 80%) de la variación de escorrentía. La medida de intensidad de precipitación también proveyó un alto nivel de explicación, de entre 54% a 82%. El agregado de la duración de precipitación aumentó la variación explicada hasta un 10% según las características de la terraza. Las relaciones entre la pérdida de suelos y la escorrentía fueron más variables y en algunos casos los niveles de explicación fueron deficientes. Estos parecían reflejar las diferentes maneras en que las partículas del suelo estaban separándose y transportándose. Quedó claro que la remoción final del suelo de algunas terrazas ocurrió en los sucesos de precipitación de magnitud menor que aquellos que separaron inicialmente las partículas. Las características del suelo y los parámetros de vegetación también influyeron en la pérdida de suelos. La combinación de una proporción razonablemente alta de sedimentos y arena fina, fracciones de arcilla bajas a moderadas, bajo contenido de carbono orgánico y baja estabilidad del agregado del suelo crearon suelos moderadamente erosionados. El alto potencial de erosión fue evidenciado por numerosos y bien desarrollados pináculos causados por la lluvia cuando cayó en suelo poco tupido.

El uso de una variedad de técnicas estadísticas posibilitó calcular el premonzón y la pérdida de suelos monzónicos. Los cálculos variaron de 2,7 t/ha/año a 8,2 t/ha/año para 1993 y hasta 12,9 t/ha/año en 1992. Las cantidades mayores en 1992 probablemente reflejan el mayor número de sucesos de precipitación de alta magnitud. Tales pérdidas son algo inferiores a las que quizá se haya esperado, pero parecen reflejar el alto grado de manejo de tierras en la cuenca Khola Likhu. Es necesario recalcar que no todo el material que sale de las terrazas bari acaba en el principal Likhu Khola. Una gran parte del agua de los desagües de las terrazas de los tributarios

adyacentes del cerro es canalizada en las terrazas irrigadas khet en la parte inferior de las laderas. El material es depositado en estas terrazas y nunca llega al río principal. Hay una redistribución del material sobre la ladera pero no necesariamente una evacuación completa. Esto tiene que tenerse en cuenta cuando se calculan las tasas generales de denudación.

### **Conclusiones**

En lo que se refiere a deslizamientos de tierra, aunque el número de rupturas parece ser grande, la mayoría de éstas rupturas fueron pequeñas y parecer tener poca repercusión sobre la degradación general de tierras. Sin embargo, las rupturas de laderas sí tienen una repercusión en cuanto al esfuerzo laboral necesario para reparar las terrazas. En este momento esto parece ser sostenible pero puede venir un tiempo cuando el esfuerzo que implica reparar las terrazas signifique que otras áreas no se administren con tanto éxito. Esto quizá conduzca al deterioro de tierras y, en último término, a la degradación. Esto se aplica especialmente a las terrazas regadas pero también hay implicaciones con el cultivo de las terrazas de secano. Como se había indicado, el flujo de agua y pérdida de suelos son las consideraciones importantes para las terrazas de secano. Lo que sí parece ser importante es el número de deslizamientos de tierra que ocurren dentro de los límites de anteriores deslizamientos de tierra. El embarrancamiento desarrollado en tales áreas también parece imperativo, para mejorar el manejo y la rehabilitación de tales deslizamientos de tierra. Si esto ocurre es porque existen situaciones en las que la rehabilitación ha fallado. Luego sobreviene una grave degradación de tierras.

El escape de agua de escorrentía y suelos en la tierra no cultivada está claramente relacionado con la naturaleza de la cubierta molida. Aun en las zonas selváticas, debido a la naturaleza degradada de la cubierta vegetal, fue la cubierta molida, especialmente la capa de la cama, la que determinó la cantidad de escorrentía de agua y pérdida de suelos. Lo mismo se aplicó a la pérdida de suelos en las terrazas cultivadas. En este caso, la escorrentía y la pérdida de suelos estaban más relacionadas con la naturaleza de las terrazas, como la ladera, el tipo de suelo y la posición y el manejo de las prácticas. El mantenimiento de una cubierta de la maleza bajo los tallos de maíz definitivamente redujo la escorrentía y la pérdida de suelos pero, según opinaron los agricultores, esto podría reducir el rendimiento del maíz. Obviamente hay un intercambio entre la pérdida de suelos y la productividad de los cultivos.

Finalmente, es posible comparar las tasas de la pérdida de suelos por los diferentes procesos erosivos. La ruptura de la ladera, promediada sobre la mezcla de los aprovechamientos de la tierra, da una pérdida de 5,55 t/ha/año. Sin embargo, estas tasas variaron considerablemente de subcaptación a subcaptación, sufriendo el sur las mayores pérdidas (ver referencia 1). La pérdida de suelos varió de 0,1 t/ha/año para la pradera y los sitios no perturbados, 3-10 t/ha/años para el bosque en diversos estados de degradación y 15 t/ha/año para los sitios básicos. En las terrazas de secano la pérdida de suelos varió de 2,7 t/ha/año a 12,9 t/ha/año. Para la subcaptación, el Dee Khola, la pérdida de suelos por la erosión superficial en todos los aprovechamientos de la tierra, cultivadas y no cultivadas, fue 3,2 t/ha/año en comparación con a 10,17 t/ha/año para los deslizamientos de tierra. La de Dee es una de las captaciones más degradadas pero aparece como si la pérdida de suelos por deslizamientos de tierra fuera mayor que la pérdida de suelos por agua en estas laderas de colina. Sin embargo, debido a la gran variabilidad relacionada con las características de aprovechamiento de la ladera y la tierra sería peligroso usar cifras como éstas, como base para las decisiones de manejo. Pero el nivel de degradación parece estar considerablemente debajo de lo que se ha sugerido para el Himalaya en general.

## Referencias

Gerrard, A.J. y Gardner, R.A.M. 1999. Deslizamientos de tierra en la cuenca de drenaje Kholu Likhu, los Middle Hills de Nepal, *Geografía Física*, 20, 240-255.

Gerrard, A.J. y Gardner, R.A.M. 2000. La naturaleza e implicaciones del manejo de deslizamientos de tierra en las terrazas regadas en los Middle Hills de Nepal, *Revista Internacional del Desarrollo Sostenible y Ecología Mundial*, 7, 229-236.

Gerrard, A.J. y Gardner, R.A.M. 2000. Relaciones entre la precipitación y deslizamientos de tierra en los Middle Hills, Nepal, *Norsk Geografisk Tidsskrift*, 54, 74-81.

Gerrard, A.J. y Gardner, R.A.M. 2000. La función en los deslizamientos de tierra al configurar el paisaje de los Middle Hills, Nepal, *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband*, 122, 47-62.

Gardner, R.A.M. y Gerrard, A. 2001. Pérdida de suelos en la tierra no cultivada en los Middle Hills de Nepal, *Geografía Física*, 22.

Gardner, R.A.M. y Gerrard, A.J. 2002. Relaciones entre el aprovechamiento de deslizamientos de tierra y la tierra en la cuenca de drenaje Kholu Likhu, los Middle Hills, Nepal, *Investigación y Desarrollo de Montaña*, 22 (1), 48-55.

Gardner, R.A.M. y Gerrard, A.J. en: *Las Relaciones entre escorrentia y degradación de tierras en la tierra no cultivada en los Middle Hills de Nepal*, *Revista Internacional de Desarrollo Sostenible y Ecología Mundial*.

Ives, D.I. y Messerli, B. 1989 *El Dilema Himalayo: La conciliación del desarrollo y la conservación*, Universidad de las Naciones Unidas y Routledge, Londres y Nueva York.